Unidades de Medida

Unidades de medida são as formas adotadas para caracterizar grandezas físicas, comparando-as com grandezas da mesma espécie, tomadas como **padrões**.

Há muito tempo esse conceito é utilizado para caracterizar as grandezas; porém, antigamente cada país costumava adotar padrões próprios como, por exemplo, as unidades de medida de comprimento e de massa abaixo:



País	Nome da Unidade	Valor em Metros
Inglaterra e EUA	jarda polegada	0,914 0,025
China	tsun jin	0,060 58,800
Rússia	versta	0,660

País	Nome da Unidade	Valor em Quilogramas
Inglaterra e EUA	libra onça	0,450 0,028
China	pecul	71,000
Egito	rotolo	0,690

Para facilitar as relações comerciais e a troca de informações científicas entre os países, optou-se por adotar padrões internacionais, os quais foram agrupados no sistema que se nomeou **Sistema Internacional de Unidades (SI)**.

As unidades-base estabelecidas pelo SI são:

Grandeza	Unidade	Símbolo
comprimento	metro	m
massa	quilograma	kg
tempo	segundo	s
intensidade de corrente elétrica	ampère	A
temperatura termodinâmica	kelvin	K
quantidade de matéria	mol	mol
intensidade luminosa	candela	cd

Essas unidades combinadas formam outras unidades, denominadas **unidades derivadas**.

A escrita dessas unidades segue algumas regras:

- As iniciais das unidades devem ser minúsculas quando escritas por extenso, mesmo se forem nomes ou sobrenomes de pessoas.
  Ex.: ampère, kelvin, newton, etc. A única excessão à regra é o **grau Celsius**.
- Os símbolos que representam as unidades são escritos com letras minúsculas, exceto quando se referem a nomes. **Ex.: N (newton), A (ampère), m (metro), etc.**

Notação Científica

Em problemas de Física, é bastante comum nos depararmos com números muito grandes ou muito pequenos. Para que se evite o uso de muitos zeros, principalmente em textos e artigos científicos, é conveniente usar um **padrão** de representação de números chamado de **Notação Científica**.

Nesse padrão, as grandezas são representadas por um número maior ou igual a 1 e menor que 10, multiplicado por um fator de 10 elevado a uma potência adequada. Isto é:

$$m \cdot 10^n$$

Onde:

- **m** é a **mantissa** do número: $1 \leq m < 10$;
- **n** é a **ordem de grandeza** do número: $n \in Z$.

Quando um número é representado nesse formato, dizemos que o número está normalizado.

Frequentemente utiliza-se apenas a ordem de grandeza de uma medida para estimar ou comparar valores que não requerem precisão muito grande, por exemplo:

A velocidade da luz, em metros por segundo, tem **ordem de grandeza 8**, enquanto a velocidade do som no ar, na mesma unidade, tem **ordem de grandeza 2**. Conclui-se que a velocidade da luz é muito maior que a do som no ar.

Representação de Números Maiores que 10

Para representar, por notação científica, um número não normalizado, deslocamos a vírgula para a esquerda até que a mantissa esteja no intervalo adequado. A ordem de grandeza equivale ao número de deslocamentos da vírgula pelas casas decimais do número.

Para voltar à notação não normalizada fazemos a operação inversa, ou seja, deslocamos a vírgula para a direita, observando o número de casas decimais indicados pela ordem de grandeza.

Exemplos:

$$154\,000\,000 \equiv 1{,}54 \cdot 10^8$$

$$952 \equiv 9{,}52 \cdot 10^2$$

Representação de Números Menores que 1

A representação é equivalente a de números maiores que 10; no entanto, a vírgula é deslocada para a direita e a ordem de grandeza é negativa.

Para voltar à notação não normalizada repetimos o procedimento, deslocando a vírgula para a esquerda o número de vezes igual ao módulo da ordem de grandeza.

Exemplos:

$$0{,}00000268 \equiv 2{,}68 \cdot 10^{-6}$$

$$0{,}03 \equiv 3 \cdot 10^{-2}$$

Operações com Números Normalizados

Muitas vezes é necessário realizar operações com os números normalizados. Para isso, as regras são as mesmas utilizadas na potenciação.

Esse procedimento é bastante adotado em provas que não permitem o uso de calculadoras e geralmente simplifica os cálculos com números muito grandes ou muito pequenos.

Adição e Subtração

Para somar ou subtrair números normalizados é necessário, inicialmente, que a ordem de grandeza deles seja igual. Depois, a operação é realizada entre as mantissas, mantendo-se a ordem de grandeza. Por último, o número deve ser normalizado novamente, caso necessário.

Exemplo:

$$2{,}5 \cdot 10^5 + 5 \cdot 10^4$$

- Torna-se a ordem de grandeza igual, modificando-se um dos números:

$$2{,}5 \cdot 10^5 + 5 \cdot 10^4 \equiv 25 \cdot 10^5 + 5 \cdot 10^4$$

- Realiza-se a operação com as mantissas, mantendo-se a ordem de grandeza:

$$25 \cdot 10^5 + 5 \cdot 10^4 = 30 \cdot 10^4$$

- O número é novamente normalizado:

$$30 \cdot 10^4 \equiv 3 \cdot 10^5$$

Multiplicação e Divisão

Para multiplicar ou dividir números normalizados, a operação com as mantissas é realizada e as ordens de grandeza são somadas (multiplicação) ou subtraídas (divisão). Se necessário, o número deverá ser novamente normalizado.

Exemplo:

$$3{,}2 \cdot 10^2 \div 8 \cdot 10^{-1}$$

- Realiza-se a operação com as mantissas e, neste caso, subtraem-se as ordens de grandeza:

$$3{,}2 \cdot 10^2 \div 8 \cdot 10^{-1} = (3{,}2 \div 8) \cdot 10^{2-(-1)} = 0{,}4 \cdot 10^3$$

- O número é novamente normalizado:

$$0{,}4 \cdot 10^3 \equiv 4 \cdot 10^2$$

Múltiplos e Submúltiplos das Unidades

Algumas ordens de grandeza, devido ao uso muito frequente, recebem prefixos que indicam seus valores. Esses prefixos são associados aos nomes das unidades que complementam, assim como seu símbolo é associado ao símbolo da unidade.

Os principais prefixos adotados pelo SI são:

Prefixo	Símbolo	Fator Multiplicado à Unidade
tera-	T	10^{12}
giga-	G	10^{9}
mega-	M	10^{6}
quilo-	k	10^{3}
hecto-	h	10^{2}
deca-	da	10^{1}
deci	d	10^{-1}
centi-	c	10^{-2}
mili-	m	10^{-3}
micro-	µ	10^{-6}
nano-	n	10^{-9}
pico-	p	10^{-12}

Algumas Unidades

Muitas grandezas físicas importantes costumam ser representadas por notação científica, veja alguns exemplos:

- número de Avogadro: $6{,}02 \cdot 10^{23}$ moléculas/mol
- massa do próton: $1{,}6 \cdot 10^{-27}$ kg
- velocidade da luz no vácuo: $3 \cdot 10^{8}$ m/s

Saiba mais

O quilograma (kg) é a grandeza adotada como unidade-padrão do SI, mesmo sendo um múltiplo. Ao contrário do que muitos pensam, o grama não é utilizado pelo Sistema Internacional, sendo referido apenas como um submúltiplo da unidade-padrão de massa.

Vetores

Vetor é um ente matemático que é determinado por um segmento de reta orientado que representa a direção, sentido e módulo de uma grandeza.

Por exemplo:



O vetor $\vec{v}$, representado graficamente no exemplo, é o segmento de reta orientado do ponto A ao ponto B, cujo módulo, representado por $|\vec{v}|$, é a distância entre os dois pontos.

O símbolo mais utilizado para representar vetores é o de uma letra abaixo de uma pequena seta, como no exemplo. Também são utilizados uma letra em negrito ou ainda uma letra sublinhada para representar essa grandeza.

Representação de Vetores

Essencialmente, existem três formas principais de representação de vetores: gráfica, polar e cartesiana.

Representação Gráfica

Nesta representação, as operações com os vetores são feitas totalmente de forma gráfica, ou seja, por meio de **desenhos** em **escala correta**, sendo possível **somar**, **subtrair** e **multiplicar vetores por números escalares**.

A desvantagem da representação gráfica é que nela os valores numéricos que caracterizam os vetores ficam sujeitos a erros de medição. Por isso, costuma-se adotar essa representação associada à representação polar ou cartesiana, que fornecem valores mais precisos.

Representação Polar

Uma das representações mais comuns de vetores ocorre utilizando-se o **módulo do vetor** associado ao seu **ângulo**, formado com um **eixo de referência** (normalmente a parte positiva do eixo cartesiano x).

Essa representação é muito eficiente. Porém, requer bastante habilidade em trigonometria, já que os cálculos baseiam-se em ângulos.

Representação Cartesiana

Também é possível decompor um vetor em suas componentes cartesianas, ou seja, suas projeções nos **eixos cartesianos x**, **y** e **z** (caso o vetor dado tenha três dimensões). Assim, um vetor é dado por:

$$\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$$

Para o caso de duas dimensões, podemos utilizar as projeções gráficas dos vetores ou calcular cada uma das projeções quando a representação polar é conhecida:

$$v_x = |\vec{v}| \cdot \cos\theta \quad \text{e} \quad v_y = |\vec{v}| \cdot \text{sen}\,\theta$$

Onde θ é o ângulo entre o vetor e o eixo de referência.

Na representação cartesiana é útil adotar vetores unitários para indicar a direção das projeções. Esses vetores têm módulo 1, por isso não alteram o vetor representado:

$$\hat{i} = (1,0,0)$$

$$\hat{j} = (0,1,0)$$

$$\hat{k} = (0,0,1)$$

Dessa forma, uma representação possível para o vetor $\vec{v}$ é:

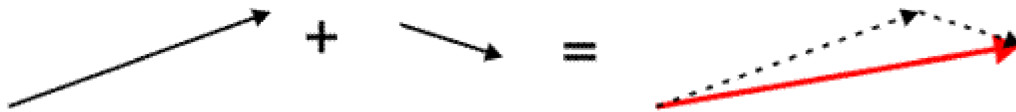
$$\vec{v} = v_x\hat{i} + v_y\hat{j} + v_z\hat{k}$$

Operações com Vetores

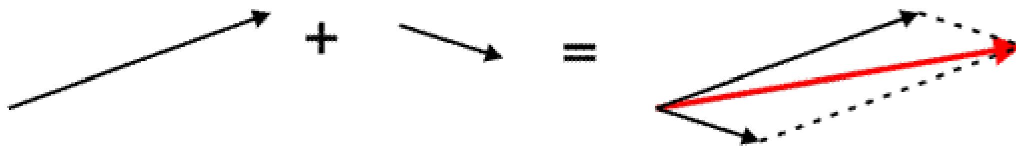
Para fazer cálculos com vetores é necessário conhecer as propriedades de suas operações e saber como usá-las em cada uma das representações dos vetores.

Soma Vetorial

Para somar dois vetores, podemos simplesmente desenhar um vetor com a origem exatamente sobre a extremidade do outro e traçar um novo vetor, que vai da origem do primeiro até a extremidade do segundo.



Outra forma equivalente é a regra do paralelogramo. Nela, as origens dos dois vetores devem ser postas na mesma posição. Feito isso, fecha-se um paralelogramo, fazendo retas paralelas entre si a partir das extremidades dos vetores:



O vetor soma é obtido pela diagonal do paralelogramo, cuja origem é a mesma dos vetores.

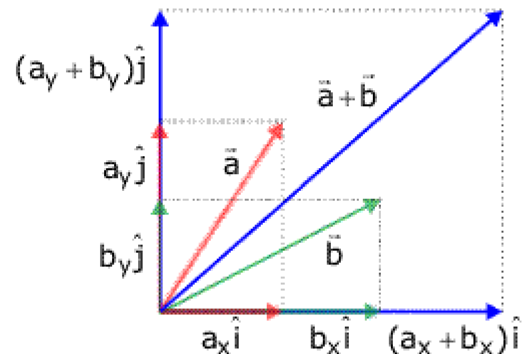
Também é possível somar cada uma das projeções dos vetores:

$\vec{a} = a_x\hat{i} + a_y\hat{j} + a_z\hat{k}$

$\vec{b} = b_x\hat{i} + b_y\hat{j} + b_z\hat{k}$

$$\vec{a}+\vec{b} = (a_x + b_x)\hat{i} + (a_y + b_y)\hat{j} + (a_z + b_z)\hat{k}$$

$$\vec{a}+\vec{b} = (a_x + b_x,\ a_y + b_y,\ a_z + b_z)$$



Exemplo com números:

$\vec{a} = (2, -1, 7) = 2\hat{i} - \hat{j} + 7\hat{k}$

$\vec{b} = (-3, 2, 0) = -3\hat{i} + 2\hat{j}$

$$\vec{a}+\vec{b} = (2-3, -1+2, 7) = (-1, 1, 7) = -\hat{i} + \hat{j} + 7\hat{k}$$

Subtração Vetorial

A subtração de vetores pode ser analisada como uma soma em que um dos vetores tenha o seu sentido invertido, ou seja:

$$\vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b})$$

Dessa forma, os métodos de resolução tornam-se idênticos à soma vetorial.

Produto de um Vetor por um Número Escalar

Ao multiplicar um número escalar por um vetor, cada um de seus componentes é multiplicado, ou seja, a direção do vetor não é alterada, o sentido pode continuar igual (se o escalar for maior que zero), ou ser invertido (se o escalar for menor que zero), e o módulo do vetor é multiplicado pelo módulo do número escalar. Assim:

$$\beta \cdot \vec{a} = \beta \cdot (a_x, a_y, a_z) = (\beta \cdot a_x, \beta \cdot a_y, \beta \cdot a_z)$$

Produto Escalar

O **produto escalar**, também chamado de **produto interno**, é a multiplicação de dois vetores que resulta em um número escalar.

Fisicamente, indica o quanto um vetor influencia em outro, como, por exemplo, no trabalho mecânico de uma força, analisando seu efeito em uma trajetória.

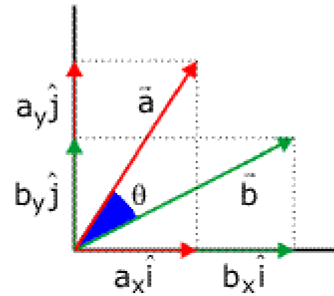
Esse produto pode ser calculado de duas formas:

- Utilizando o ângulo θ entre os dois vetores:

$$\vec{a} \bullet \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cdot \cos\theta$$

- Utilizando as projeções nos eixos cartesianos:

$$\vec{a} \bullet \vec{b} = (a_x \cdot b_x) + (a_y \cdot b_y) + (a_z \cdot b_z)$$



Produto Vetorial

O **produto vetorial**, também chamado de **produto externo**, é a multiplicação de dois vetores que resulta em um terceiro vetor, perpendicular a ambos.

É muito utilizado em Física para cálculos de Mecânica que envolvem rotações e para o estudo de forças e campos magnéticos.

De forma análoga ao produto escalar, temos duas formas de cálculo:

- Utilizando o ângulo θ entre os dois vetores:

$$\vec{a} \times \vec{b} = \hat{n} \, |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cdot \operatorname{sen}\theta$$

Onde o vetor unitário **n** indica a direção perpendicular aos vetores **a** e **b**.

- Utilizando as projeções nos eixos cartesianos:

$$\vec{a} \times \vec{b} = \det \begin{bmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{bmatrix}$$

MECÂNICA



Cinemática Escalar

Introdução
Velocidade
Movimento Uniforme
Aceleração
Movimento Uniformemente Variado
Movimento Vertical

Cinemática Vetorial

Introdução
Composição de Movimentos
Movimento Oblíquo
Movimento Circular



Estática

Princípios Básicos
Estática do Ponto
Centro de Massa
Momento de uma Força
Estática de um Corpo Extenso

Hidrostática

Pressão
Teorema de Stevin
Experimento de Torricelli
Teorema de Pascal
Princípio do Empuxo



Dinâmica

Introdução
Princípios da Mecânica Clássica - Leis de Newton
Força Peso
Força Normal e Força de Tração
Força de Atrito
Força Elástica
Força Centrípeta
Sistemas de Forças
Plano Inclinado
Trabalho de uma Força
Potência
Energia - Introdução
Energia Cinética
Energia Potencial Gravitacional e Energia Potencial Elástica
Conservação da Energia Mecânica
Impulso
Quantidade de Movimento



Gravitação Universal

Histórico
Leis de Kepler
Lei de Newton da Gravitação Universal
Aceleração da Gravidade
Órbitas
Velocidade de Escape
Unidades Astronômicas
Marés

Cinemática - Introdução

Cinemática é o ramo da Física que estuda os movimentos, ocupando-se da sua descrição, sem ênfase nas suas causas. Normalmente, os objetos em deslocamento são tratados como partículas, indicando que as suas características físicas (dimensões, massa, etc.) são desprezíveis na compreensão do movimento.

A forma mais didática de abordagem da Cinemática é utilizando conceitos unidirecionais e, mais tarde, expandindo-os para mais de uma direção simultânea. Essa será a forma como abrodaremos o conteúdo, iniciando com a **Cinemática Escalar** e, mais tarde, generalizando os movimentos com a **Cinemática Vetorial**.

Alguns conceitos são fundamentais para o estudo da Cinemática. São eles:

Móvel

É o foco de estudo principal da Cinemática. Seu movimento é descrito pelas equações da Cinemática.

Conforme a abordagem utilizada sobre as dimensões de um corpo em um fenômeno de estudo, podemos classificar os móveis como:

- **Ponto material:** as dimensões do corpo são desprezíveis no fenômeno descrito. Também é muito utilizado como aproximação de casos reais. **Por exemplo:** um pássaro que viaja entre duas cidades.
- **Corpo extenso:** as dimensões do corpo são relevantes no fenômeno. **Por exemplo:** um carro manobrando em uma vaga de estacionamento.

Obs.: podemos notar que não há sentido falar em rotação de pontos materiais.

Posição

Normalmente é representada pela letra **s** minúscula. Outra forma comum é por meio de coordenadas cartesianas, ou seja, a localização de um ponto no plano **xy**.

Indica o local onde se encontra o objeto de estudo. Para isso, utiliza-se a distância de algo tomado como referência, por exemplo, uma fruta localizada a 2 m do chão.

Para o estudo da Cinemática Escalar costumamos utilizar posições sobre uma reta no espaço, de modo que seja possível observar mudanças de posição em uma única direção.

Movimento

É o fenômeno em que um corpo muda sua posição no decorrer de um intervalo de tempo.

Repouso

É o fenômeno no qual o corpo mantém a sua posição no decorrer de um intervalo de tempo.

Referencial

É a referência de um movimento. Dependendo da escolha de um referencial, o mesmo corpo pode estar em repouso ou em movimento. Por exemplo, uma pessoa dentro de um ônibus viajando está em repouso em relação ao próprio ônibus; porém, está em movimento em relação à estrada.

Trajetória

É o conjunto de todas as posições ocupadas por um móvel durante um intervalo de tempo. No estudo de Cinemática Escalar, as trajetórias sempre são apresentadas como retilíneas.

Deslocamento

É a diferença algébrica entre as posições final e inicial em um movimento. Para sua representação, adota-se a letra grega **Δ** (delta maiúsculo) na frente do símbolo de posição, o que indica a variação sofrida em um intervalo de tempo.

$$\Delta s = s_f - s_i$$

Velocidade Escalar

A **velocidade** de um móvel é a relação entre o seu deslocamento e o intervalo de tempo em que se realiza. Pode ser considerada a grandeza que mede o quão rápido um corpo se desloca.

A análise da velocidade é dividida em dois tópicos principais: **velocidade média** e **velocidade instantânea**.

Para problemas onde há deslocamento apenas em uma direção, o chamado **movimento unidimensional**, tratamos a velocidade como uma grandeza escalar (com apenas valor numérico). A unidade de velocidade adotada pelo SI é o metro por segundo (**m/s**). Outra unidade muito utilizada é o quilômetro por hora
(**km/h**).

A conversão entre essas duas unidades é feita frequentemente na resolução dos problemas de Cinemática. Por isso, convém encontrarmos um valor que converta uma unidade em outra. Assim, podemos escrever a igualdade:

$$\frac{1\,km}{1\,h} = \frac{1000\,m}{3600\,s}$$

A partir daí, é possível extrair o seguinte fator de conversão:

$$1\frac{km}{h} = \frac{1}{3{,}6}\frac{m}{s}$$, ou de forma equivalente: $$1\frac{m}{s} = 3{,}6\frac{km}{h}$$

Assim, basta utilizar a regra de três simples para converter as velocidades.

Exemplos:

1. A velocidade máxima permitida em uma rodovia é 80 km/h. A quanto equivale este valor em metros por segundo?

Para fazer esse cálculo, utilizamos uma regra de três simples:

$$\begin{array}{ccc} 80\,\frac{km}{h} & \leftrightarrow & X \\ 3{,}6\frac{km}{h} & \leftrightarrow & 1\,\frac{m}{s} \end{array}$$

Basta isolar o termo desconhecido:

$$X = \frac{80\,\frac{km}{h} \cdot 1\,\frac{m}{s}}{3{,}6\frac{km}{h}} = 22{,}2\,\frac{m}{s}$$

2. Um corredor chega atingir 8 m/s durante uma competição. Qual é a sua velocidade em quilômetros por hora?

A resolução desse problema é análoga ao exemplo anterior:



$$8\,\frac{m}{s} \;\leftrightarrow\; X$$
$$1\,\frac{m}{s} \;\leftrightarrow\; 3{,}6\,\frac{km}{h}$$

Isolando o termo desconhecido:

$$X = \frac{8\,\frac{m}{s}\cdot 3{,}6\,\frac{km}{h}}{1\,\frac{m}{s}} = 28{,}8\,\frac{km}{h}$$

Velocidade Escalar Média

Imagine um automóvel que viaja em uma estrada e que sai da uma cidade de origem **O** em direção a uma cidade destino **D**. Provavelmente, a velocidade desse veículo não será igual durante todo o trajeto; porém, podemos tratar seu movimento de forma aproximada, não detalhando as condições em cada ponto da estrada.

A abordagem traz uma aproximação dos movimentos que, para condições como a do exemplo acima, costuma ser razoavelmente boa. Podemos, então, definir um valor médio para velocidade partindo dessa abordagem global do movimento:

A **velocidade média** indica a média de todas as velocidades do percurso, ou seja, representa a velocidade que o móvel deveria manter constante para que, descrevendo a mesma trajetória, o tempo gasto fosse exatamente igual. É calculada pela razão:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Onde:

v_m = Velocidade Média
Δs = Deslocamento
Δt = Intervalo de tempo. Muitos autores utilizam simplesmente a letra **t**.

Exemplo:

Um carro se desloca de Florianópolis a Curitiba. Sabendo que a distância entre as duas cidades é de 300 km e que o percurso teve início às 7 horas da manhã e terminou ao meio-dia, calcule a velocidade média do carro durante a viagem.

Sabemos que:

$$\Delta s = \text{(posição final)} - \text{(posição inicial)}$$
$$\Delta s = (300\ \text{km}) - (0\ \text{km})$$
$$\Delta s = 300\ \text{km}$$

E que:

$$\Delta t = \text{(tempo final)} - \text{(tempo inicial)}$$
$$\Delta t = (12\ \text{h}) - (7\text{h})$$
$$\Delta t = 5\ \text{h}$$

Então:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$
$$v_m = \frac{300\text{km}}{5\text{h}} = 60\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Se você quiser saber qual a velocidade em *m/s*, basta converter o resultado:

$$60\,\frac{km}{h} \leftrightarrow X$$

$$3{,}6\,\frac{km}{h} \leftrightarrow 1\,\frac{m}{s}$$

$$X = v_m = \frac{60}{3{,}6}\frac{m}{s} = 16{,}67\frac{m}{s}$$